

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

#2

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日  
Date of Application:

1999年 8月31日

出 願 番 号  
Application Number:

平成11年特許願第244204号

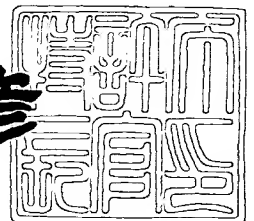
出 願 人  
Applicant(s):

株式会社半導体エネルギー研究所

2000年 6月 9日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Patent Office

近 藤 隆 彦



出証番号 出証特2000-3042882

【書類名】 特許願  
 【整理番号】 P004330-01  
 【提出日】 平成11年 8月31日  
 【あて先】 特許庁長官 殿  
 【国際特許分類】 H01L 21/00

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 笠原 健司

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 河崎 律子

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 大谷 久

【発明者】

【住所又は居所】 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

【氏名】 田中 幸一郎

【特許出願人】

【識別番号】 000153878

【氏名又は名称】 株式会社半導体エネルギー研究所

【代表者】 山崎 舜平

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第231211号

【出願日】 平成11年 8月18日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 002543

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 レーザー装置及びレーザーアニール方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

レーザーと、該レーザーを発振源とするレーザー光を被処理体の表面及び裏面に導く光学系と、前記被処理体を保持するステージとを有し、

前記被処理体と前記ステージとの間には反射体が設けられ、前記被処理体の裏面に導かれるレーザー光は前記反射体で反射されてから前記被処理体の裏面に導かれることを特徴とするレーザー装置。

【請求項 2】

請求項 1 において、前記反射体の前記レーザー光に対する反射率は 20～80%であることを特徴とするレーザー装置。

【請求項 3】

レーザーと、該レーザーを発振源とするレーザー光を被処理体の表面及び裏面に導く光学系とを有し、

前記光学系には、前記被処理体の表面に導かれるレーザー光のエネルギー密度または前記被処理体の裏面に導かれるレーザー光のエネルギー密度のいずれか一方を減衰させるフィルターを含むことを特徴とするレーザー装置。

【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一において、前記レーザー光は前記光学系により断面形状が線状に加工されることを特徴とするレーザー装置。

【請求項 5】

レーザー光が被処理体の表面及び裏面に照射される時、前記被処理体の表面に照射されるレーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0$ ) と前記被処理体の裏面に照射されるレーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0'$ ) が異なることを特徴とするレーザーアニール方法。

【請求項 6】

レーザー光が被処理体の表面及び裏面に照射される時、前記被処理体の表面に照射されるレーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0$ ) と前記被処理体の裏面に照

射されるレーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0'$ ) との間に  $0 < I_0' / I_0 < 1$  または  $1 < I_0' / I_0$  の関係があることを特徴とするレーザーアニール方法。

【請求項 7】

レーザーを発振源とするレーザー光が形成される段階と、  
前記レーザー光が被処理体の表面及び裏面に照射される段階と、  
を有し、

前記被処理体の裏面に照射されるレーザー光は、前記被処理体の裏面側に設けられた反射体で反射されて前記被処理体の裏面に照射されることを特徴とするレーザーアニール方法。

【請求項 8】

レーザーを発振源とするレーザー光が形成される段階と、  
前記レーザー光が被処理体の表面及び裏面に照射される段階と、  
を有し、

前記被処理体の裏面に照射されるレーザー光は、前記被処理体の裏面側に設けられた反射体で反射されて前記被処理体の裏面に照射され、

前記被処理体の表面に照射されるレーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0$ ) と前記被処理体の裏面に照射されるレーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0'$ ) が異なることを特徴とするレーザーアニール方法。

【請求項 9】

レーザーを発振源とするレーザー光が形成される段階と、  
前記レーザー光が被処理体の表面及び裏面に照射される段階と、  
を有し、

前記被処理体の裏面に照射されるレーザー光は、前記被処理体の裏面側に設けられた反射体で反射されて前記被処理体の裏面に照射され、

前記被処理体の表面に照射されるレーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0$ ) と前記被処理体の裏面に照射されるレーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0'$ ) との間に  $0 < I_0' / I_0 < 1$  または  $1 < I_0' / I_0$  の関係があることを特徴とするレーザーアニール方法。

【請求項 10】

レーザーを発振源とするレーザー光が形成される段階と、  
前記レーザー光が被処理体の表面及び裏面に照射される段階と、  
を有し、

前記レーザー光は光学系により前記被処理体の表面に照射されるレーザー光と  
前記被処理体の裏面に照射されるレーザー光とに分割されることを特徴とするレ  
ーザーアニール方法。

【請求項 1 1】

レーザーを発振源とするレーザー光が形成される段階と、  
前記レーザー光が被処理体の表面及び裏面に照射される段階と、  
を有し、

前記レーザー光は光学系により前記被処理体の表面に照射されるレーザー光と  
前記被処理体の裏面に照射されるレーザー光とに分割され、

前記被処理体の表面に照射されるレーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0$ ) と  
前記被処理体の裏面に照射されるレーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0'$ ) が異  
なることを特徴とするレーザーアニール方法。

【請求項 1 2】

レーザーを発振源とするレーザー光が形成される段階と、  
前記レーザー光が被処理体の表面及び裏面に照射される段階と、  
を有し、

前記レーザー光は光学系により前記被処理体の表面に照射されるレーザー光と  
前記被処理体の裏面に照射されるレーザー光とに分割され、

前記被処理体の表面に照射されるレーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0$ ) と  
前記被処理体の裏面に照射されるレーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0'$ ) との  
間に  $0 < I_0' / I_0 < 1$  または  $1 < I_0' / I_0$  の関係があることを特徴とするレ  
ーザーアニール方法。

【請求項 1 3】

請求項 5 乃至請求項 1 2 のいずれか一において、前記レーザー光が線状に加工  
される段階が含まれることを特徴とするレーザーアニール方法。

【請求項 1 4】

請求項 5 乃至請求項 1 2 のいずれか一において、前記被処理体とは非晶質半導体膜若しくは微結晶半導体膜であることを特徴とするレーザーアニール方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本願発明はレーザー光を用いた半導体膜のアニール（以下、レーザーアニールという）の方法及びそれを行うためのレーザー装置（レーザーと該レーザーから出力されるレーザー光を被処理体まで導くための光学系を含む装置）に関する。

【0 0 0 2】

【従来技術】

近年、薄膜トランジスタ（以下、T F T という）の開発が進められ、結晶質半導体膜として多結晶シリコン膜（ポリシリコン膜）を用いた T F T が注目されている。特に、液晶表示装置（液晶ディスプレイ）や E L（エレクトロルミネッセンス）表示装置（E L ディスプレイ）においては、画素をスイッチングする素子やその画素を制御するための駆動回路を形成する素子として用いられる。

【0 0 0 3】

ポリシリコン膜を得る手段としては、非晶質シリコン膜（アモルファスシリコン膜）を結晶化させてポリシリコン膜とする技術が一般的である。特に、最近ではレーザー光を用いてアモルファスシリコン膜を結晶化する方法が注目されている。本明細書中では、非晶質半導体膜をレーザー光で結晶化し、結晶質半導体膜を得る手段をレーザー結晶化という。

【0 0 0 4】

レーザー結晶化は、半導体膜の瞬間的な加熱が可能であり、ガラス基板やプラスチック基板等の耐熱性の低い基板上に形成された半導体膜のアニール手段として有効な技術である。また、従来の電熱炉を用いた加熱手段（以下、ファーンズアニールという）に比べて格段にスループットが高い。

【0 0 0 5】

レーザー光にも様々な種類があるが、一般的にはパルス発振型のエキシマレーザーを発振源とするレーザー光（以下、エキシマレーザー光という）を用いたレ

ーザー結晶化が用いられている。エキシマレーザーは出力が大きく、高周波数での繰り返し照射が可能であるという利点を有し、さらにエキシマレーザー光はシリコン膜に対しての吸収係数が高いという利点を有する。

【0006】

現在、最も注目されている問題はレーザー光で結晶化された結晶質半導体膜の結晶粒径を如何に大きくするかである。当然のことながら、一つの結晶粒（グレインともいう）が大きくなれば、TFTの特にチャネル形成領域を横切る結晶粒界の数が減る。そのため、電界効果移動度やしきい値電圧といったTFTの代表的な電気特性のばらつきを改善することが可能となる。

【0007】

また、各結晶粒の内部は、比較的きれいな結晶性を維持しており、上述のTFTの諸特性を向上させるためには、一つの結晶粒の内部に完全にチャネル形成領域が収まるようにしてTFTを形成することが望ましい。

【0008】

しかしながら、現在の技術では結晶粒径の十分に大きな結晶質半導体膜を得ることは困難であり、実験的に得られたという報告はあるものの、実用化レベルには達していないのが現状である。

【0009】

実験的には「"High-Mobility Poly-Si Thin-Film Transistors Fabricated by a Novel Excimer Laser Crystallization Method", K.Shimizu, O.Sugiura and M.Matsumura, IEEE Transactions on Electron Devices vol.40, No.1, pp112-117,1993」に示されるような結果が得られている。同文献は、基板上にSi/SiO<sub>2</sub>/n<sup>+</sup>Siの3層構造を形成し、エキシマレーザー光をSi側とn<sup>+</sup>Si側の両方向から照射している。そして、このような構成により結晶粒径を大きくできる旨が示されている。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】

本願発明は、上記問題点を解決するための技術であり、結晶粒径の大きい結晶質半導体膜を得るためのレーザーアニール方法及びそのレーザーアニール方法に



用いるレーザー装置を提供することを課題とする。

【0011】

【課題を解決するための手段】

本願発明の要旨は、非晶質半導体膜を結晶化するにあたって、レーザー光を非晶質半導体膜の表面（上に薄膜が重ねられていく面）及び裏面（表面とは反対側の面）に同時に照射し、且つ、その表面に照射されたレーザー光（以下、第一次レーザー光という）の実効エネルギー強度と裏面に照射されるレーザー光（以下、第二次レーザー光という）の実効エネルギー強度とを異なるものとする点にある。

【0012】

即ち、第一次レーザー光の実効エネルギー強度を ( $I_0$ ) とし、第二次レーザー光の実効エネルギー強度を ( $I_0'$ ) とした時、実効エネルギー強度比 ( $I_0'/I_0$ ) に「 $0 < I_0'/I_0 < 1$ 」または「 $1 < I_0'/I_0$ 」の関係が成り立つようにレーザー光を照射することを特徴とする。勿論、 $I_0 \cdot I_0' \neq 0$  である。

【0013】

なお、本明細書中において、「実効エネルギー強度」とはレーザー光が非晶質半導体膜の表面または裏面に達した時に有するエネルギー強度であり、反射等によるエネルギー損失を考慮したエネルギー強度（ここでは、単位は密度： $\text{mJ}/\text{cm}^2$  で表す）と定義する。測定することはできないが、レーザー光の経路に存在する媒質が判れば反射率や透過率の計算から求めることができる。

【0014】

例えば、図6に示す構造に本願発明を実施した場合について、実効エネルギー強度の具体的な算出方法を説明する。図6において、601はアルミニウムでなる反射体、602はコーニング社#1737基板（厚さ0.7mm）、603は200nm厚の窒化酸化シリコン膜（以下、SiON膜という）、604は55nm厚のアモルファスシリコン膜である。このような試料に対して空気中で、波長308nmのXeClエキシマレーザー光を照射する場合を例にとる。

【0015】

アモルファスシリコン膜604に到達する直前のレーザー光（波長308nm

) のエネルギー強度を ( $I_a$ ) とする。このとき、第一次レーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0$ ) は、アモルファスシリコン膜の表面におけるレーザー光の反射を考慮して、 $I_0 = I_a (1 - R_{Si})$  で表される。但し、 $R_{Si}$  はレーザー光の反射率である。この場合、計算では  $I_0 = 0.45 I_a$  となる。

## 【0016】

また、第二次レーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0'$ ) は、 $I_0' = I_a T_{1737} R_{Al} T_{1737} (1 - R_{SiON-Si})$  で表される。但し、 $T_{1737}$  は #1737 基板の透過率、 $R_{Al}$  はアルミニウム表面での反射率、 $R_{SiON-Si}$  は SiON 膜中からアモルファスシリコン膜へ入射する際の反射率である。なお、空气中から SiON 膜へ入射する際の反射率、SiON 膜中の透過率、SiON 膜中から #1737 基板へ入射する際の反射率及び #1737 基板中から SiON 膜へ入射する際の反射率は、実験的に無視しうることが判明したので計算に含めなかった。この場合、計算では  $I_0' = 0.13 I_a$  となる。

## 【0017】

従って、図6の構造の場合、第一次レーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0$ ) は  $0.45 I_a$ 、第二次レーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0'$ ) は  $0.13 I_a$  と求められる。即ち、実効エネルギー強度比 ( $I_0' / I_0$ ) は  $0.29$  である。以上のようにして求められる実効エネルギー強度比が、 $0 < I_0' / I_0 < 1$  を満たすという点が本願発明の特徴の一つである。

## 【0018】

また、第一次レーザー光の強度が第二次レーザー光の強度よりも小さい場合においても本願発明は成り立つ。即ち、実効エネルギー強度比が  $1 < I_0' / I_0$  を満たす場合においても本願発明が成り立つ。

## 【0019】

第一次レーザー光と第二次レーザー光の実効エネルギー強度を異なるものとするためには、以下の方法が挙げられる。

- 1) 基板の下に設けた反射体を用いて非晶質半導体膜の表面及び裏面にレーザー光を照射する際に、反射体の反射率を調節することで第二次レーザー光の実効エネルギー強度を減衰させ、相対的に第一次レーザー光の実効エネ

ルギー強度よりも小さくする方法。

- 2) 第一次レーザー光を途中で分割して第二次レーザー光を形成し、第一次レーザー光の実効エネルギー強度もしくは第二次レーザー光の実効エネルギー強度をフィルター（バリアブルアッテネータ等）で減衰させ、相対的に両者の実効エネルギー強度を異なるものとする方法。
- 3) 非晶質半導体膜を形成する基板の材質によって、第二次レーザー光の実効エネルギー強度を減衰させ、相対的に第一次レーザー光の実効エネルギー強度よりも小さくする方法。
- 4) 基板と非晶質半導体膜の間に絶縁膜を挟み、第二次レーザー光の実効エネルギー強度をその絶縁膜で減衰させ、相対的に第一次レーザー光の実効エネルギー強度よりも小さくする方法。
- 5) 非晶質半導体膜の表面を絶縁膜で覆っておき、非晶質半導体膜の表面における第一次レーザー光の反射率を小さくすることで、第一次レーザー光の実効エネルギー強度を相対的に第二次レーザー光の実効エネルギー強度よりも大きくなるようにする方法。
- 6) 非晶質半導体膜を絶縁膜で覆っておき、第一次レーザー光の実効エネルギーをその絶縁膜で減衰させ、相対的に第二次レーザー光の実効エネルギーよりも小さくなるようにする方法。
- 7) 第一次レーザー光と第二次レーザー光をそれぞれ別のレーザーを発振源として形成し、両者の実効エネルギー強度を異なるものとする方法。

【 0 0 2 0 】

また、本願発明はレーザーの種類によるものではなく、一般的に知られるエキシマレーザー（代表的には Kr F レーザーもしくは Xe C l レーザー）、固体レーザー（代表的には Nd : Y A G レーザーもしくはルビーレーザー）、ガスレーザー（代表的にはアルゴンレーザーもしくはヘリウム・ネオンレーザー）、金属蒸気レーザー（代表的には銅蒸気レーザーもしくはヘリウム・カドミウムレーザー）または半導体レーザーを用いることができる。

【 0 0 2 1 】

なお、Nd : Y A G レーザーのように基本波（第 1 高調波：波長 1 0 6 4 n m

) の波長が長いレーザー光を用いる場合は、第 2 高調波、第 3 高調波もしくは第 4 高調波を用いるのが好ましい。これらの高調波は非線形結晶（非線形素子）を用いて得ることができる。また、公知の Q スイッチ方式を用いても良い。

#### 【 0 0 2 2 】

##### 〔発明に至るまでの経緯〕

ここで、本出願人が本願発明に想到した経緯について、実験結果に基づいて説明する。図 7 に示す SEM (Scanning Electron Microscopy) 写真はレーザー結晶化により形成したポリシリコン膜にセコ・エッチングを施した後の写真である。セコ・エッチング技術に関する詳細は、「F. Secco d' Aragona: "Dislocation Etch for (100) Planes in Silicon". J. Electrochem. soc. Vol. 119. No. 7. pp. 948-950 (1972)」を参考にすれば良い。

#### 【 0 0 2 3 】

どちらもコーニング社製 # 1 7 3 7 基板（厚さ 0. 7 mm）の上に酸化シリコン膜（厚さ 2 0 0 nm）を介してアモルファスシリコン膜（厚さ 5 5 nm）を形成し、エキシマレーザー光を照射して得ている。なお、この実験で用いたエキシマレーザー光は、励起ガスとして XeCl ガスを用いた波長 3 0 8 nm のパルスレーザー光であり、パルス幅は 3 0 ns、ショット数は 2 0 ショット、エネルギー密度は 3 7 0 mJ / cm<sup>2</sup>とした。

#### 【 0 0 2 4 】

図 7 (A) はアモルファスシリコン膜の表面のみにレーザー光を照射して得たポリシリコン膜（平均結晶粒径は約 0. 3 μm）であり、図 7 (B) はアモルファスシリコン膜の表面及び裏面にレーザー光を照射して得たポリシリコン膜（平均結晶粒径は約 1. 5 μm）である。これによればアモルファスシリコン膜の表面及び裏面にレーザー光を照射して得たポリシリコン膜の方が結晶粒径は約 5 倍も大きく、両面からの照射が非常に効果的であることが確認された。

#### 【 0 0 2 5 】

なお、本明細書中において、平均結晶粒径の定義は特願平 1 0 - 0 2 0 5 6 6 号出願の明細書中における「結晶粒領域の平均径の定義」に準ずるものとする。

#### 【 0 0 2 6 】

以上のように、非晶質半導体膜の表面及び裏面にレーザー光を照射することで結晶粒径を大きくできることが確認された。なお、従来例で示した文献中の実験は、結晶化させようとする半導体膜の裏面に直接レーザー光は照射されず、 $n^+$  Si の余熱を利用して蓄熱効果を狙っており、本出願人が行った実験とは全く構成が異なっている。

## 【0027】

次に、本出願人は、ガラス基板の代わりに石英基板を用いて同様の実験（但し、レーザー光のエネルギー密度は  $200 \text{ mJ/cm}^2$  とした。）を行った。その結果、図 8 に示すような結果（セコ・エッチング後の SEM 写真）が得られた。

## 【0028】

図 8 (A) はアモルファスシリコン膜の表面のみにレーザー光を照射して得られたポリシリコン膜であり、図 8 (B) はアモルファスシリコン膜の表面及び裏面にレーザー光を照射して得られたポリシリコン膜である。これによれば基板として石英基板を用いた場合、平均結晶粒径はせいぜい  $0.4 \sim 0.5 \mu\text{m}$  程度であり、図 7 (B) に示したような大粒径化は確認できなかった。また、基板の片面から照射しても両面から照射しても結晶粒径に差は見られなかった。即ち、前述と同様に、非晶質半導体膜の表面及び裏面にレーザー光を照射したにも拘わらず、平均結晶粒径の増大という効果は確認されなかった。

## 【0029】

そこで本出願人は、以上の実験結果について考察し、図 7 及び図 8 に示した実験の差は、ガラス基板の透過率（約 50%）と石英基板の透過率（約 93%）の差、即ち、非晶質半導体膜の裏面に照射されるレーザー光の実効エネルギー強度の差であると予想した。そして、確認のため以下のような実験を行った。

## 【0030】

まず、本実験では図 6 に示した構造の試料を、基板 602 に石英基板を用い、反射体 601 に窒化タンタル膜を用いて作製した。そして、この試料に対して図 7 (B) の写真を得たのと同じ条件で XeCl エキシマレーザー光を照射し、得られたポリシリコン膜の平均結晶粒径をセコ・エッチング後の SEM 写真にて確認した。この結果を図 9 に示す。

## 【0031】

図9を見れば判るように、得られたポリシリコン膜の結晶粒は、図7(B)のポリシリコン膜とほぼ同じ様な状態で分布していることが確認された。また、図7(B)の写真を得た試料の場合、第一次レーザー光と第二次レーザー光の実効エネルギー強度比が0.29であることは既に述べた。これは実質的にガラス基板で第二次レーザー光が減衰した結果である。これと同じように本実験の試料について実効エネルギー強度比を計算した結果、0.33という値が得られた。これは実質的に反射体で第二次レーザー光が減衰した結果である。

## 【0032】

また、図8(B)の試料(石英とアルミニウムでなる反射体の組み合わせ)と図9の試料(石英と窒化タンタルでなる反射体の組み合わせ)は反射体表面の材質が異なる以外同一構造であり、異なる点は図9の試料では反射体表面の反射率が図8(B)の試料よりも小さい点のみである。

## 【0033】

以上の結果を考察すると、非晶質半導体膜の表面及び裏面にレーザー光を照射して結晶化する場合、表面側のレーザー光(第一次レーザー光)の実効エネルギー強度よりも、裏面側のレーザー光(第二次レーザー光)の実効エネルギー強度が小さい場合において平均結晶粒径の増加が確認されることが判った。

## 【0034】

## 【発明の実施の形態】

## 〔実施形態1〕

本願発明の実施形態の一つについて説明する。図1(A)は本願発明のレーザー装置の構成を示す図である。このレーザー装置は、レーザー101、レーザー101を発振源とするレーザー光を線状に加工する光学系201、透光性基板を固定するステージ102を有し、ステージ102にはヒータ103とヒータコントローラー104が具備されて、基板を室温～550℃の範囲の温度に保持することができる。また、ステージ102上には反射体105が設けられ、その上に非晶質半導体膜が形成された基板106が設置される。

## 【0035】

次に、図1 (A) のような構成のレーザー装置において、基板106の保持方法を図1 (B) を用いて説明する。ステージ102に保持された基板106は、反応室107に設置され、レーザー101を発振源とする線状のレーザー光が照射される。反応室内は図示されていない排気系またはガス系により減圧状態または不活性ガス雰囲気とすることができ、半導体膜を汚染させることなく100～450℃まで加熱することができる。

#### 【0036】

また、ステージ102はガイドレール108に沿って反応室内を移動することができ、基板の全面に線状のレーザー光を照射することができる。レーザー光は基板106の上面に設けられた図示されていない石英製の窓から入射する。また、図1 (B) ではこの反応室107にトランスファー室109、中間室110、ロード・アンロード室111が接続され、それぞれの室は仕切弁112、113で分離されている。

#### 【0037】

ロード・アンロード室111には複数の基板を保持することが可能なカセット114が設置され、トランスファー室109に設けられた搬送ロボット115により基板が搬送される。基板106'は搬送中の基板を表す。このような構成とすることによりレーザーアニールを減圧下または不活性ガス雰囲気中で連続して処理することができる。

#### 【0038】

次に、レーザー光を線状にする光学系201の構成について図2を用いて説明する。図2 (A) は光学系201を側面から見た図であり、図2 (B) は光学系201を上面から見た図である。

#### 【0039】

レーザー101を発振源とするレーザー光はシリンドリカルレンズアレイ202により縦方向に分割される。この分割されたレーザー光はシリンドリカルレンズ203によりさらに横方向に分割される。即ち、レーザー光はシリンドリカルレンズアレイ202、203によって最終的にはマトリクス状に分割されることになる。

## 【0040】

そして、レーザー光はシンドリカルレンズ204により一旦集光される。その際、シンドリカルレンズ204の直後にシンドリカルレンズ205を通る。その後、ミラー206で反射され、シンドリカルレンズ207を通った後、照射面208に達する。

## 【0041】

このとき、照射面208に投影されたレーザー光は線状の照射面を示す。即ち、シンドリカルレンズ207を透過したレーザー光の断面形状は線状になっていることを意味する。この線状に加工されたレーザー光の幅方向（短い方向）の均質化は、シンドリカルレンズアレイ202、シンドリカルレンズ204及びシンドリカルレンズ207で行われる。また、上記レーザー光の長手方向（長い方向）の均質化は、シンドリカルレンズアレイ203及びシンドリカルレンズ205で行われる。

## 【0042】

次に、基板上に形成された被処理膜の表面及び裏面からレーザー光を照射するための構成について図3を用いて説明する。図3に示したのは、図1における基板106と反射体105との位置関係を示す図である。

## 【0043】

図3において、301は透光性基板であり、その表面（薄膜または素子が形成される側の面）には絶縁膜302、非晶質半導体膜（または微結晶半導体膜）303が形成されている。また、透光性基板301の下にはレーザー光を反射させるための反射体304が配置される。

## 【0044】

透光性基板301はガラス基板、石英基板、結晶化ガラス基板若しくはプラスチック基板が用いられる。この透光性基板301自体で第二次レーザー光の実効エネルギー強度を調節することが可能である。また、絶縁膜302は酸化シリコン膜や窒化酸化シリコン膜（ $\text{SiO}_x\text{N}_y$ ）などの珪素を含む絶縁膜を用いれば良く、この絶縁膜302で第二次レーザー光の実効エネルギー強度を調節しても良い。また、非晶質半導体膜303はアモルファスシリコン膜の他に、アモルフ



アスシリコンゲルマニウム膜などの化合物半導体膜も含む。

【0045】

また、反射体304は表面（レーザー光の反射面）に金属膜を形成した基板であっても良いし、金属元素でなる基板であっても良い。この場合、金属膜としては如何なる材料を用いても良い。代表的には、シリコン（S.i）、アルミニウム（A.l）、銀（A.g）、タングステン（W）、チタン（T.i）、タンタル（T.a）のいずれかの元素を含む金属膜を用いる。例えば、窒化タングステン（WN）、窒化チタン（T.i.N）、窒化タンタル（T.a.N）を用いても良い。

【0046】

さらに、この反射体304は透光性基板301に接して設けても良いし、離して設けても良い。また、反射体304を配置する代わりに、基板301の裏面（表面の反対側の面）に直接上述のような金属膜を形成し、そこでレーザー光を反射させることも可能である。いずれにしても、この反射体304の反射率で第二次レーザー光の実効エネルギー強度を調節することができる。また、反射体304を透光性基板301と離して設置する場合、その隙間に充填する気体（ガス）で第二次レーザー光のエネルギー強度を制御することも可能である。

【0047】

そして、図2で説明した光学系201（図中ではシリンドリカルレンズ207のみを示す。）を経由して線状に加工されたレーザー光が、非晶質半導体膜303に照射される。この線状に加工されたレーザー光の照射はレーザー光を走査することによって行われる。

【0048】

いずれにしても、シリンドリカルレンズ207を透過して非晶質半導体膜303の表面に照射される第一次レーザー光305と、反射体304で一旦反射されて非晶質半導体膜303の裏面に照射される第二次レーザー光306との実効エネルギー強度比（ $I_0' / I_0$ ）が、 $0 < I_0' / I_0 < 1$ または $1 < I_0' / I_0$ の関係を満たすことが重要である。このためには、反射体304のレーザー光に対する反射率は20～80%であることが好ましい。また、このとき、本実施形態でいくつか述べた第二次レーザー光の実効エネルギー強度を減衰させる手段を、複

数組み合わせて所望の強度比としても良い。

【0049】

また、シリンドリカルレンズ207を通過したレーザー光は、集光される過程で基板表面に対して45～90°の入射角を持つ。そのため、第二次レーザー光306は非晶質半導体膜303の裏面側にも回り込んで照射される。また、反射体304の反射面に起伏部を設けてレーザー光を乱反射させることで、第二次レーザー光306をさらに効率良く得ることができる。

【0050】

〔実施形態2〕

本実施形態ではの実施形態1と異なる実施の形態について説明する。本実施形態では、実施形態1のような反射体を用いず、光学系の途中で分光した二系統のレーザー光を非晶質半導体膜の表面及び裏面から照射する例を示す。

【0051】

図4（A）は本実施形態のレーザー装置の構成を示す図である。基本的な構成は実施形態1で説明した図1のレーザー装置と同様であるので異なる部分の符号を変えて説明する。

【0052】

このレーザー装置は、レーザー101、レーザー101を発振源とするレーザー光を線状に加工し、且つ、二系統に分光する光学系401、透光性基板を固定する透光性のステージ402を有する。また、ステージ402上には基板403aが設置され、その上に非晶質半導体膜403bが形成されている。

【0053】

本実施形態の場合、ステージ402を透過したレーザー光を非晶質半導体膜403bに照射するため、ステージ402は透光性を有してなければならない。また、ステージ402側から照射されるレーザー光（第二次レーザー光）はステージ402を透過するので、その実効エネルギー強度はステージ402を透過する際の減衰を考慮しなければならない。

【0054】

また、図4（B）は図4（A）に示したレーザー装置における基板403aの

保持方法を説明する図面であるが、透光性ステージ 4 0 2 を用いること以外は図 1 (B) に示した構成と同一であるので説明は省略する。

【0 0 5 5】

次に、図 4 (A) に示した光学系 4 0 1 の構成について図 5 を用いて説明する。図 5 (A) は光学系 4 0 1 を側面から見た図である。レーザー 5 0 1 を発振源とするレーザー光はシリンドリカルレンズアレイ 5 0 2 により縦方向に分割される。この分割されたレーザー光はシリンドリカルレンズ 5 0 3 によりさらに横方向に分割される。こうしてレーザー光はシリンドリカルレンズアレイ 5 0 2、5 0 3 によってマトリクス状に分割される。

【0 0 5 6】

そして、レーザー光はシリンドリカルレンズ 5 0 4 により一旦集光される。その際、シリンドリカルレンズ 5 0 4 の直後にシリンドリカルレンズ 5 0 5 を通る。ここまでは図 2 に示した光学系と同様である。

【0 0 5 7】

その後、レーザー光はハーフミラー 5 0 6 に入射し、ここでレーザー光は第一次レーザー光 5 0 7 と第二次レーザー光 5 0 8 とに分光される。そして、第一次レーザー光 5 0 7 はミラー 5 0 9、5 1 0 で反射され、シリンドリカルレンズ 5 1 1 を通った後、非晶質半導体膜 4 0 3 b の表面に達する。

【0 0 5 8】

また、ハーフミラー 5 0 6 で分光された第二次レーザー光 5 0 8 はミラー 5 1 2、5 1 3、5 1 4 で反射され、シリンドリカルレンズ 5 1 5 を通った後、基板 4 0 3 a を透過して非晶質半導体膜 4 0 3 b の裏面に達する。

【0 0 5 9】

このとき、実施形態 1 と同様に基板の照射面に投影されたレーザー光は線状の照射面を示す。また、この線状に加工されたレーザー光の幅方向（短い方向）の均質化は、シリンドリカルレンズアレイ 5 0 2、シリンドリカルレンズ 5 0 4 及びシリンドリカルレンズ 5 1 5 で行われる。また、上記レーザー光の長手方向（長い方向）の均質化は、シリンドリカルレンズアレイ 5 0 3、シリンドリカルレンズ 5 0 5 及びシリンドリカルレンズ 5 0 9 で行われる。

## 【0060】

いずれにしても、シリンドリカルレンズ511を透過して非晶質半導体膜403bの表面に照射される第一次レーザー光と、シリンドリカルレンズ515を透過して非晶質半導体膜403bの裏面に照射される第二次レーザー光との実効エネルギー強度比( $I_0'/I_0$ )が、 $0 < I_0'/I_0 < 1$ または $1 < I_0'/I_0$ の関係を満たすことが重要である。

## 【0061】

本実施形態では基板403aとしてガラス基板(ここで用いるレーザー光の透過率が約50%の材料でなるもの)を用いることで、上述の関係式を満たすようにしている。勿論、基板以外にも基板403a上に設けた絶縁膜(図示せず)や、基板403aを設置するステージ(図示せず)の透過率や界面の反射率を調節して第二次レーザー光の実効エネルギー強度を減衰させても良い。

## 【0062】

また、光学系401の第二次レーザー光の光路において、任意の場所に減光フィルターを設けて、第二次レーザー光の実効エネルギー強度を減衰させることも可能であるし、逆に光学系401の第一次レーザー光の光路において、任意の場所に減光フィルターを設けて、第一次レーザー光の実効エネルギー強度を減衰させることも可能である。

## 【0063】

また、本実施形態でいくつか述べた第一次レーザー光もしくは第二次レーザー光の実効エネルギー強度を減衰させる手段を、複数組み合わせることで所望の強度比としても良い。

## 【実施例】

## 〔実施例1〕

本実施例では、実施形態1に示した構成でアモルファスシリコン膜の結晶化を行った例を示す。説明には図3を用いる。

## 【0064】

本実施例では、基板301として1.1mm厚の石英基板、絶縁膜302として200nm厚の窒化酸化シリコン膜(SiON膜)、非晶質半導体膜303と

してアモルファスシリコン膜を用いた。このとき、SiON膜302とアモルファスシリコン膜303はプラズマCVD法を用いて形成した。

#### 【0065】

本実施例では、まずSiH<sub>4</sub>を4SCCM、N<sub>2</sub>Oを400SCCMとして反応室に導入し、成膜温度400℃、反応圧力30Pa、放電電力密度0.41W/cm<sup>2</sup>、放電周波数60MHzとしてSiON膜302を形成した。次に、SiH<sub>4</sub>を100SCCMで反応室に導入し、成膜温度300℃、反応圧力45Pa、放電電力密度0.037W/cm<sup>2</sup>、放電周波数13.56MHzとしてアモルファスシリコン膜303を形成した。なお、実際にはアモルファスシリコン膜をパターニングして島状パターンとした。

#### 【0066】

次に、図1(B)に示したようなエキシマレーザー装置を用いてアモルファスシリコン膜303のレーザー結晶化を行った。このとき、図3の反射体304としては、シリコン基板上に窒化タングステン膜を形成したものをを用いた。また、反射体304と石英基板301との間には150μmの隙間を空けた。

#### 【0067】

この状態で図3に示すようにエキシマレーザー光（第一次レーザー光305と第二次レーザー光306）をアモルファスシリコン膜303に対して室温、大気雰囲気中で照射した。エキシマレーザー光は図2に示した光学系により断面形状を線状（0.4mm×160mm）に加工し、基板の一端から他端まで走査した。また、走査速度は1mm/sとし、エネルギー密度（図6のI<sub>a</sub>に相当するエネルギー強度）は336mJ/cm<sup>2</sup>、パルス幅は30ns、繰り返し周波数は30Hz、重ね合わせ率は90%とした。これにより一カ所に20ショットのレーザー光を照射することができた。

#### 【0068】

なお、本実施例の構成でレーザー結晶化を行う場合、第一次レーザー光の実効エネルギー強度（I<sub>0</sub>）は151.2mJ/cm<sup>2</sup>であり、第二次レーザー光の実効エネルギー強度（I<sub>0</sub>'）は77.3mJ/cm<sup>2</sup>であった。従って、実効エネルギー強度比（I<sub>0</sub>'/I<sub>0</sub>）は0.51であった。

## 【0069】

ここで本実施例に従って結晶化させたポリシリコン膜のSEM写真を図10に示す。なお、図10はセコ・エッチング後の状態である。このセコ・エッチングはフッ化水素酸溶液50ccと水25ccと1.14gのクロム酸カリウム（二価）とを加えた室温のエッチャントを用いた。

## 【0070】

その結果、図10に示すように、島状パターンの中心付近に平均結晶粒径が0.5～0.6 $\mu\text{m}$ 程度の比較的大きな結晶粒が確認できた。島状パターンの端部には結晶粒径の小さな結晶粒が存在するが、レーザーエネルギー密度を変えることで形成される位置が変化する。実際に本実施例によって形成したポリシリコン膜をTFTの活性層として用いる場合には、このような結晶粒径の小さな部分がチャネル形成領域に当たらないように設計すれば良い。

## 【0071】

## 〔実施例2〕

本実施例では、実施形態1に示した構成でアモルファスシリコン膜の結晶化を行った例を示す。なお、本実施例で行ったレーザー結晶化は実施例1において反射体304の表面に形成する膜をタングステン膜に、レーザーエネルギー密度を369 $\text{mJ}/\text{cm}^2$ に変更しただけであるので、他の条件の詳細な説明は実施例1を参考にすれば良い。

## 【0072】

本実施例に従って結晶化させたポリシリコン膜のSEM写真を図11に示す。なお、実施例1と同様に図11はセコ・エッチング後の状態である。セコ・エッチングの条件は実施例1を参考にすれば良い。

## 【0073】

なお、本実施例の構成でレーザー結晶化を行う場合、第一次レーザー光の実効エネルギー強度（ $I_0$ ）は166.1 $\text{mJ}/\text{cm}^2$ であり、第二次レーザー光の実効エネルギー強度（ $I_0'$ ）は88.6 $\text{mJ}/\text{cm}^2$ であった。従って、実効エネルギー強度比（ $I_0'/I_0$ ）は0.53であった。

## 【0074】

その結果、図 11 に示すように、島状パターン全体に平均結晶粒径が  $0.6 \sim 0.7 \mu\text{m}$  程度の比較的大きな結晶粒が確認できた。なお、図 11 では図 10 に見られたような島状パターンの端部の小さな結晶粒は顕著に見られなかった。しかしながら、レーザーエネルギー密度を変えることで顕著に見られる条件もあったため、レーザーエネルギー密度の最適化が必要である。また、結晶粒径の小さな部分があっても、実施例 1 と同様に TFT のチャンネル形成領域に当たらないように設計すれば問題はない。

## 【0075】

## 〔実施例 3〕

本実施例では、実施形態 1 に示した構成でアモルファスシリコン膜の結晶化を行った例を示す。なお、本実施例で行ったレーザー結晶化は実施例 1 において反射体 304 の表面に形成する膜を窒化チタン膜に、レーザーエネルギー密度を  $84 \text{ mJ}/\text{cm}^2$  に変更しただけであるので、他の条件の詳細な説明は実施例 1 を参考にすれば良い。

## 【0076】

本実施例に従って結晶化させたポリシリコン膜の SEM 写真を図 12 に示す。なお、実施例 1 と同様に図 12 はセコ・エッチング後の状態である。セコ・エッチングの条件は実施例 1 を参考にすれば良い。

## 【0077】

なお、本実施例の構成でレーザー結晶化を行う場合、第一次レーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0$ ) は  $172.8 \text{ mJ}/\text{cm}^2$  であり、第二次レーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0'$ ) は  $57.6 \text{ mJ}/\text{cm}^2$  であった。従って、実効エネルギー強度比 ( $I_0'/I_0$ ) は  $0.33$  であった。

## 【0078】

その結果、図 12 に示すように、島状パターン全体に平均結晶粒径が  $0.8 \sim 1.0 \mu\text{m}$  程度の大きな結晶粒が確認できた。この結晶粒は紙面に向かって横方向に長い形状であり、島状パターンの横方向の端部から結晶化が進行した可能性を示唆するものと思われる。この傾向は図 11 においても若干確認される。

## 【0079】

また、やはりレーザーエネルギー密度を変えることで顕著に見られる条件もあったため、レーザーエネルギー密度の最適化が必要である。また、結晶粒径の小さな部分があっても、実施例 1 と同様に T F T のチャネル形成領域に当たらないように設計すれば問題はない。

【0080】

〔実施例 4〕

本実施例では、実施形態 1 または実施形態 2 の方法により、T F T の活性層となるポリシリコン膜を形成する例について説明する。説明には図 13 を用いる。

【0081】

まず、ガラス基板上に厚さ 200 nm の窒化酸化シリコン膜（図示せず）を形成し、その上に 50 nm 厚のアモルファスシリコン膜（図示せず）を形成する。次に、アモルファスシリコン膜をパターニングしてアモルファスシリコン膜でなる島状パターン 701a、701b を形成する。（図 13（A））

【0082】

次に、島状パターン 701a、701b を、実施形態 1 または実施形態 2 の方法によってレーザー結晶化する。レーザー結晶化によって得られたポリシリコン膜でなる島状パターン 702a、702b は端部に結晶粒の小さな領域 703a、703b を有することがある。また、島状パターン 702a、702b の端部は結晶欠陥や格子歪みを多く含む領域でもある。（図 13（B））

【0083】

なお、704a、704b で示された点線は、アモルファスシリコン膜でなる島状パターン 701a、701b の跡であり、レーザー結晶化によって島状パターンが 1～15% ほど縮小化することを意味する。この縮小化はシリコン膜の緻密化と気化によって起こると考えられるが詳細な明らかではない。

【0084】

次に、ポリシリコン膜でなる島状パターン 702a、702b を再びパターニングして活性層 705a、705b を形成する。なお、706a、706b で示された点線は結晶粒の小さな領域 703a、703b の跡である。（図 13（C））

【0085】



次に、活性層 705a、705b を覆って 80 nm 厚の窒化酸化シリコン膜でなるゲート絶縁膜を形成し、その上にゲート電極 707 を形成する。ゲート電極 707 は窒化タングステン膜とタングステン膜との積層構造で形成し、膜厚は 300 nm とする。(図 13 (D))

## 【0086】

ゲート電極 707 を形成したら、n 型を付与する不純物元素の添加工程を行い、ソース領域 708a、ドレイン領域 709a、LDD 領域 710 を形成する。さらに、選択的に p 型を付与する不純物元素の添加工程を行い、ソース領域 708b、ドレイン領域 709b を形成する。また同時に、チャネル形成領域 711a、711b (活性層のうち不純物元素が添加されなかった領域) が形成される。

## 【0087】

次に、酸化シリコン膜でなる層間絶縁膜 (図示せず) を 1  $\mu$ m の厚さに形成した後、コンタクトホールを開けて、ソース配線 712a、712b、ドレイン配線 713 を形成する。これら配線はアルミニウム膜を主体とする低抵抗な導電膜で形成すれば良い。(図 13 (E))

## 【0088】

以上の工程によって、図 13 (E) に示すような構造の n チャネル型 TFT 714 及び p チャネル型 TFT 715 を相補的に組み合わせた CMOS 回路 716 が形成される。

## 【0089】

なお、本実施例は本願発明を TFT の活性層を形成する際に実施した一実施例であり、この作製工程に限定する必要はない。本願発明は、公知のあらゆる TFT の作製工程に用いることができる。但し、活性層の下に遮光膜等を設ける場合、即ち、非晶質半導体膜の表面及び裏面を同時にレーザーアニールすることが不可能な場合を除く。

## 【0090】

また、本実施例では CMOS 回路を形成する例を示しているが、アクティブマトリクス型画像表示装置の画素部に設けられる画素 TFT も、公知の技術を用いれば容易に作製することが可能である。

【0091】

〔実施例5〕

実施例4ではTFTの活性層の形成に本願発明を実施した例を示したが、このようにTFTを用いる半導体装置全ての本願発明を実施することができる。即ち、アクティブマトリクス型液晶ディスプレイ、アクティブマトリクス型EL（エレクトロルミネッセンス）ディスプレイ、アクティブマトリクス型EC（エレクトロクロミクス）ディスプレイに実施しても良い。

【0092】

さらに、ICやLSIに使われるSRAMの負荷トランジスタを形成する際に本願発明を実施することもできるし、ICやLSIの上に三次元構造でTFTを形成する場合においても本願発明は有効である。

【0093】

〔実施例6〕

本実施例では、図14（A）、（B）に示した構造に対して、実施例1に示した条件でレーザー光を照射した場合について説明する。

【0094】

図14（A）の構造において、801は1.1mm厚の石英基板、802は200nm厚の窒化酸化シリコン膜、803は55nm厚のアモルファスシリコン膜である。即ち、図14（A）の構造では通常のレーザー結晶化を行った。

【0095】

また、図14（B）の構造において、804は表面（反射面）が窒化タンタル膜でなる反射体、805は1.1mm厚の石英基板、806は200nm厚の窒化酸化シリコン膜、807は55nm厚のアモルファスシリコン膜である。即ち、図14（B）の構造では本願発明を実施してレーザー結晶化を行った。

【0096】

その結果得られたポリシリコン膜のTEM（Transmission Electron Microscopy）写真を図15（A）、（B）に示す。図15（A）は、図14（A）の構造でアモルファスシリコン膜803を結晶化して得たポリシリコン膜のTEM写真であり、図15（B）は、図14（B）の構造でアモルファスシリコン膜807

を結晶化して得たポリシリコン膜のTEM写真である。

【0097】

図15(A)と図15(B)とを比較すると、本願発明を実施した図15(B)のポリシリコン膜の方が明らかに結晶粒径が大きいことを確認できる。以上のように、本願発明を実施することで結晶質半導体膜の平均結晶粒径を拡大することができることがTEM写真からも確かめられた。

【0098】

〔実施例7〕

本出願人の実験によれば、実効エネルギー強度比( $I_0'/I_0$ )が $0 < I_0'/I_0 < 1$ または $1 < I_0'/I_0$ の関係を満たす場合において、特に平均結晶粒径の拡大が顕著な条件が存在した。

【0099】

本実施例では、図6に示した構造において基板(全て1.1mm厚)または反射体(厳密には反射体の反射面)の材質を様々に変えて行った実験について説明する。まず、実験に用いた試料(A)～(H)における基板及び反射体とその時の実効エネルギー強度比を表1に示す。

【0100】

【表1】

試料	基板	反射体	実効エネルギー強度比
(A)	石英	Al	1.00
(B)	石英	Si	0.67
(C)	石英	W	0.53
(D)	石英	TiN	0.33
(E)	#1737	Al	0.29
(F)	#1737	W	0.16
(G)	#1737	Ta	0.11
(H)	AN100	Al	0.07

【0101】

なお、表1において、#1737はコーニング社製ガラス基板の商品名であり、AN100は旭ガラス社製ガラス基板の商品名である。

【0102】

このように実効エネルギー強度比が0.07~1.0の範囲で作製された試料に対して実施例1~3と同様の条件でXeClエキシマレーザー光を照射し、その結果得られたポリシリコン膜をSEM写真にて観察した。

#### 【0103】

その結果、実効エネルギー強度比が0.29、0.33、0.53または0.67では平均結晶粒径が1 $\mu$ m程度となることが確認され、実効エネルギー強度比が1.0、0.16、0.11、0.07の場合においては、平均結晶粒径が0.3 $\mu$ m程度であることが確認された。即ち、第一次レーザー光と第二次レーザー光とで実効エネルギー強度が20%以上違う条件において、平均結晶粒径の拡大が顕著に起こると考えられる。従って、以上の結果は、実効エネルギー強度比が $I_0'/I_0=0.2\sim0.9$ （好ましくは0.3~0.7）である時に最適な結晶化条件が存在することを示唆していると考えられる。

#### 【0104】

##### 〔実施例8〕

本実施例では、実施形態2とは異なる構造の光学系を用いた場合の例について図16を用いて説明する。具体的には線状レーザー光の長手方向または幅方向の長さを可変にする構成例を示す。

#### 【0105】

本実施例に示す光学系10を用いた場合、結晶化のためにより高いエネルギーを要する半導体膜に対しては線状レーザー光の長手方向の長さを短く、比較的低いエネルギーで結晶化できる半導体膜には線状レーザー光の長手方向の長さを長く設定できる。これによりエネルギー効率をいつでも最大にすることができる。また、線状レーザー光の幅方向の長さを可変にすることにより半導体膜の結晶化に最も適した幅方向の長さを決定することができる。

#### 【0106】

図16に示した光学系と図5に示した光学系とで異なる点は、図16に示した光学系では、レーザー光を幅方向に分割する役割を果たすシリンドリカルアレイレンズ502に加えて同様の役割を果たすシリンドリカルアレイレンズ11と、長手方向に分割する役割を果たすシリンドリカルアレイレンズ503に加えて同

様の役割を果たすシリンドリカルアレイレンズ 1 2 とを用いている点である。

【0 1 0 7】

本実施例において、線状レーザー光の断面形状を変更する方法は長手方向も幅方向も同じ方法をとっているので、ここでは長手方向に分割する役割を果たす 2 つシリンドリカルアレイレンズについてのみ説明する。

【0 1 0 8】

シリンドリカルアレイレンズ 5 0 3 でレーザー光の長手方向に分割された個々のレーザー光は、シリンドリカルアレイレンズ 1 2 を形成する対応する個々のシリンドリカルレンズに入射する。具体的には、シリンドリカルアレイレンズ 5 0 3 が 7 つに分割されていればシリンドリカルアレイレンズ 1 2 も 7 つに分割されたものを用いる。なお、シリンドリカルアレイレンズ 5 0 3 とシリンドリカルアレイレンズ 1 2 とは同一形状であってもよいし、シリンドリカルレンズの曲率半径のみ異なってもよい。

【0 1 0 9】

このとき、焦点距離の組み合わせによりレーザー光の長さの可変領域を決定できる。即ち、シリンドリカルアレイレンズ 5 0 3 とシリンドリカルアレイレンズ 1 2 との距離を変化させることにより、線状レーザー光の長手方向の長さを制御することができる。

【0 1 1 0】

また、シリンドリカルアレイレンズ 5 0 3 とシリンドリカルアレイレンズ 1 2 との間の距離は、シリンドリカルアレイレンズ 5 0 3 の焦点距離の 2 倍よりも短くすることが好ましい。これによりシリンドリカルアレイレンズ 5 0 3 で分割されたレーザー光は、シリンドリカルアレイレンズ 1 2 を形成する個々のシリンドリカルレンズに 1 対 1 で対応させて入射させることができる。

【0 1 1 1】

また、本実施例では、ハーフミラー 1 3 として透過率可変型ハーフミラーを用いている。ここで透過率可変型ハーフミラーの構成について図 1 7 を用いて説明する。まず図 1 7 (A) の透過率可変型ハーフミラーの例を示す。

【0 1 1 2】

紙面左から入射するレーザー光 902 は、透過率可変型ハーフミラー 901 によりレーザー光 903 とレーザービーム 904 に分離される。また、透過率可変型ハーフミラー 901 には、各々透過率の異なる領域 905 ~ 908 が設けられた構造となっている。

【0113】

図中の透過率可変型ハーフミラー 901 に平行な矢印 909 の方向に前記透過率可変型ハーフミラー 901 を動かすことで、透過したレーザー光 903 と反射したレーザー光 904 とのエネルギー強度を異なるものとすることができる。なお、図 17 (A) では、4 つの透過率の異なる領域 905 ~ 908 を示したが、この領域は二つ以上であればいくつでも構わない。

【0114】

次に、別の例を図 17 (B) に示す。紙面左から入射するレーザー光 912 は、透過率可変型ハーフミラー 911 によりレーザー光 913 とレーザー光 914 に分離される。透過率可変型ハーフミラー 911 は図 17 (A) の透過率可変型ハーフミラー 901 よりもさらに複数の領域に分割され、各領域では細かく段階的に透過率が変化していくような構造となっている。

【0115】

このような透過率可変型ハーフミラーは市販されているが、このように透過率の異なる領域が段階的に細かく設けられていても、矢印 915 の方向に動かすことで、透過したレーザー光 913 と反射したレーザー光 914 とのエネルギー強度を異なるものとすることができる。

【0116】

以上を示した光学系を用いることで、最終的に半導体膜に照射されるレーザー光のエネルギー強度を調節することが可能となる。この構成は実施形態 1 に対して用いることも可能である。

【0117】

【発明の効果】

本願発明に示したように、非晶質半導体膜をレーザー結晶化する際に、レーザー光を非晶質半導体膜の表面及び裏面を同時に照射し、且つ、裏面側に照射され

る実効エネルギー強度と表面側に照射される実効エネルギー強度とを異なるもの  
とすることにより、従来に比べて平均結晶粒径の大きい結晶質半導体膜を得るこ  
とが可能となる。

【0 1 1 8】

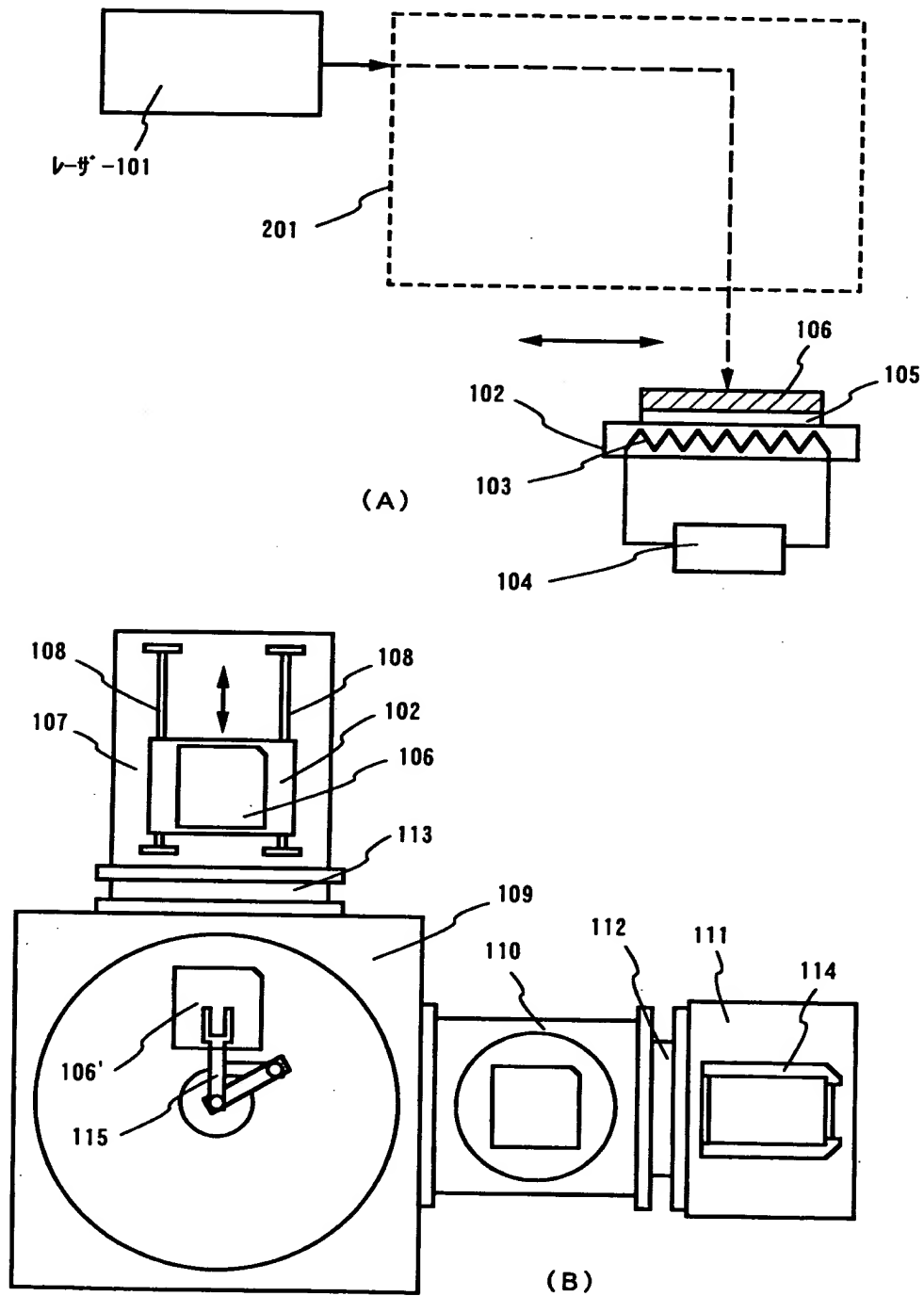
そして、結晶粒径の大きい結晶質半導体膜を得ることにより、T F T 又は T F  
T で形成されたアクティブマトリクス型表示装置に代表される半導体装置の性能  
を大幅に向上させうる。

【図面の簡単な説明】

- 【図 1】 レーザー装置の構成を示す図。
- 【図 2】 レーザー装置の光学系の構成を示す図。
- 【図 3】 レーザーアニールの方法を示す図。
- 【図 4】 レーザー装置の構成を示す図。
- 【図 5】 レーザー装置の光学系の構成を示す図。
- 【図 6】 第一次レーザー光と第二次レーザー光を説明するための図。
- 【図 7】 ポリシリコン膜の結晶粒の様子を示す S E M 写真。
- 【図 8】 ポリシリコン膜の結晶粒の様子を示す S E M 写真。
- 【図 9】 ポリシリコン膜の結晶粒の様子を示す S E M 写真。
- 【図 1 0】 ポリシリコン膜の結晶粒の様子を示す S E M 写真。
- 【図 1 1】 ポリシリコン膜の結晶粒の様子を示す S E M 写真。
- 【図 1 2】 ポリシリコン膜の結晶粒の様子を示す S E M 写真。
- 【図 1 3】 T F T を用いた C M O S 回路の作製工程を示す図。
- 【図 1 4】 試料構造を示す図。
- 【図 1 5】 ポリシリコン膜の結晶粒の様子を示す T E M 写真。
- 【図 1 6】 レーザー装置の光学系の構成を示す図。
- 【図 1 7】 透過率可変型ハーフミラーを説明する図。

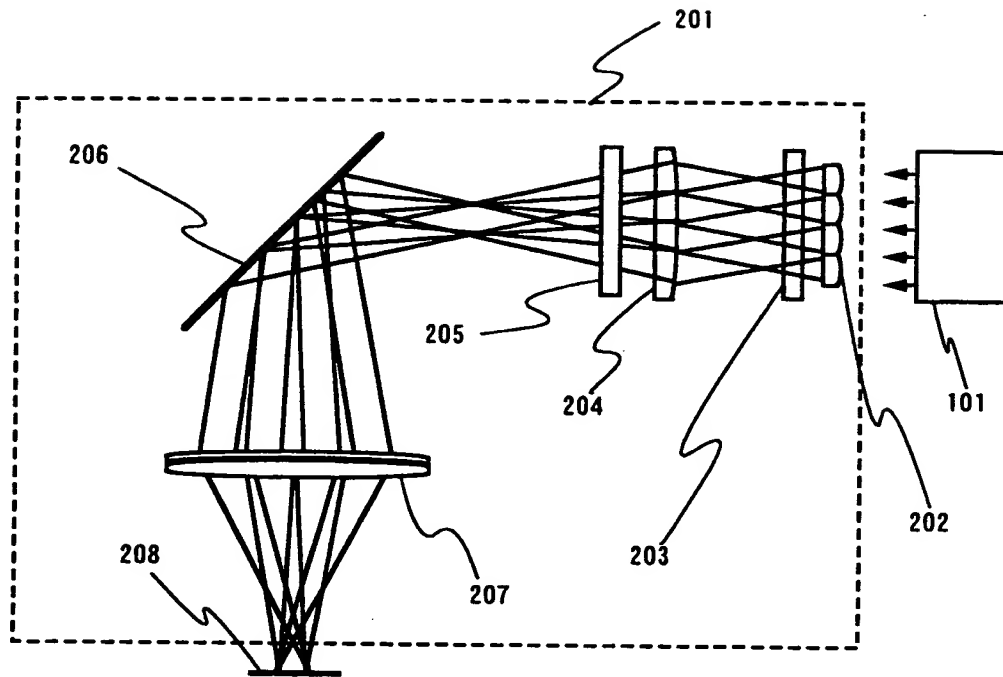
【書類名】 図面

【図 1】

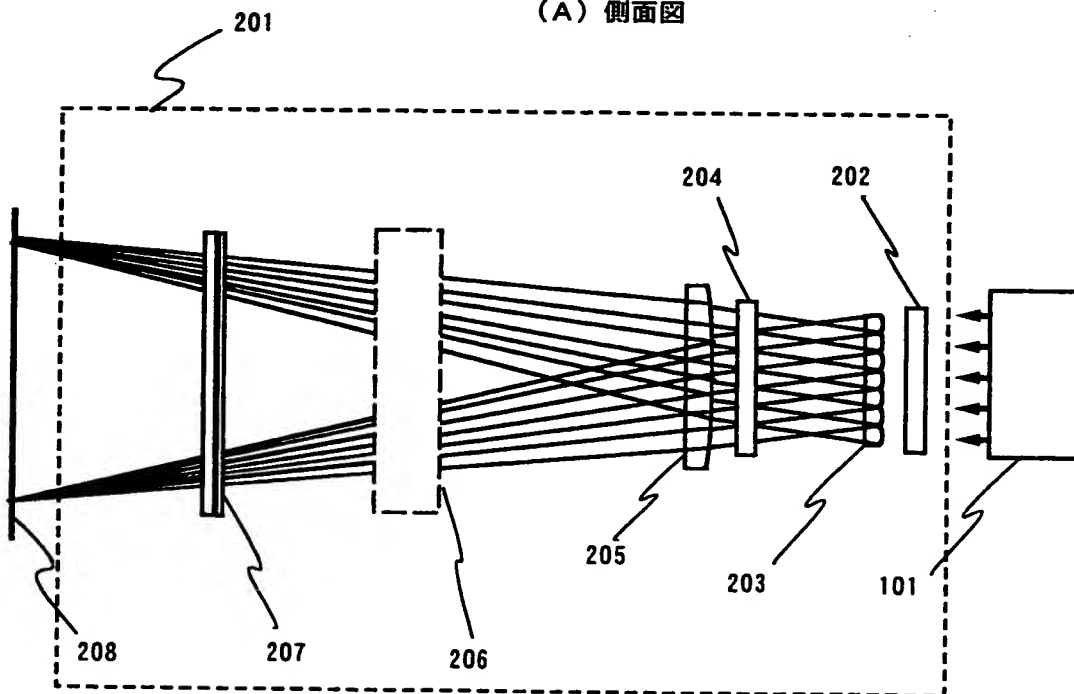




【図 2】

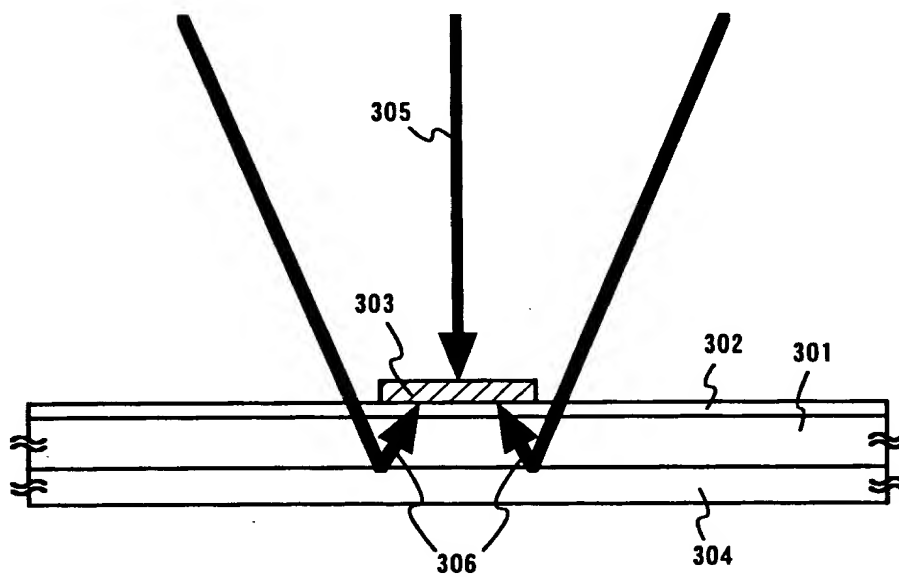


(A) 側面図

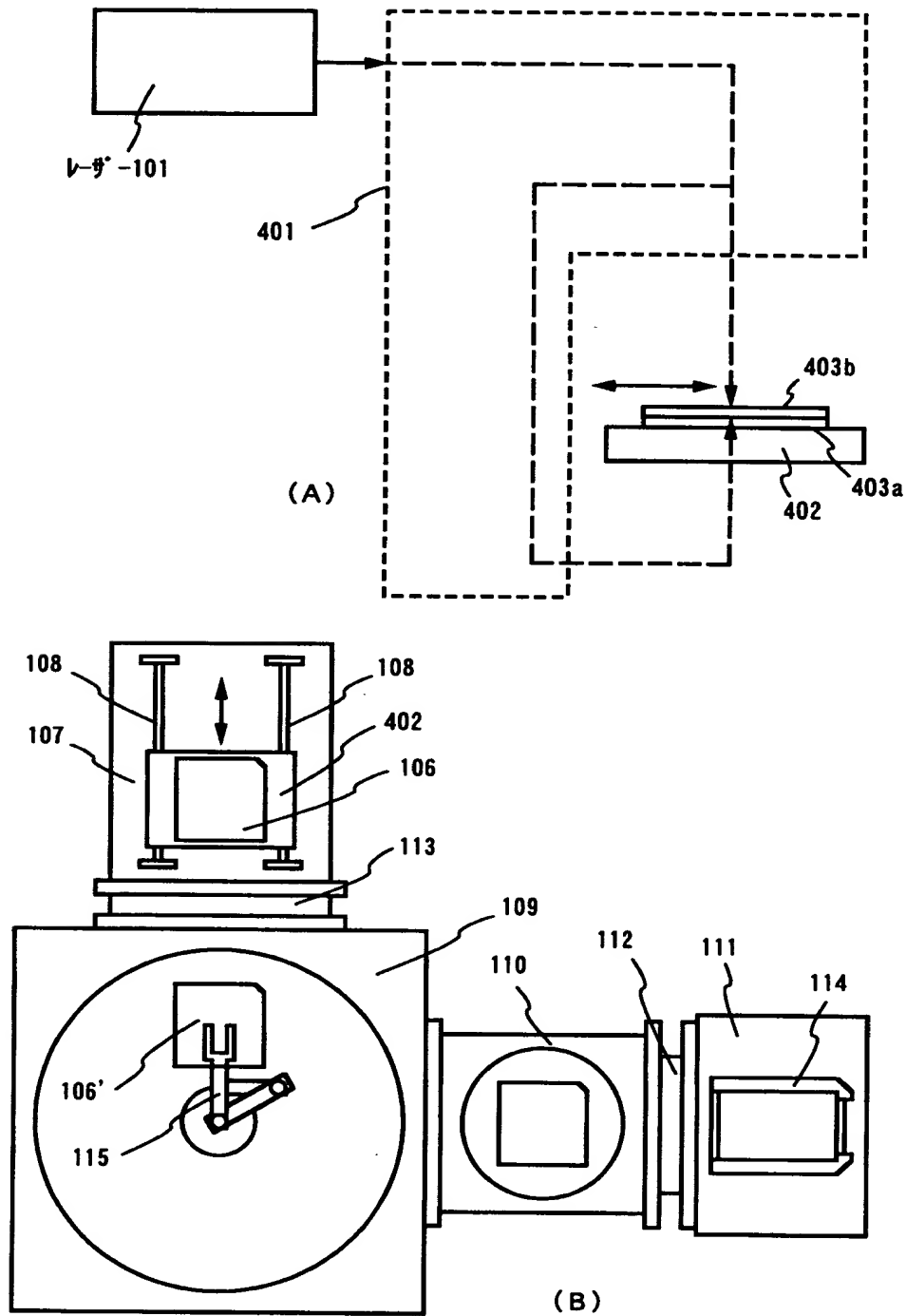


(B) 上面図

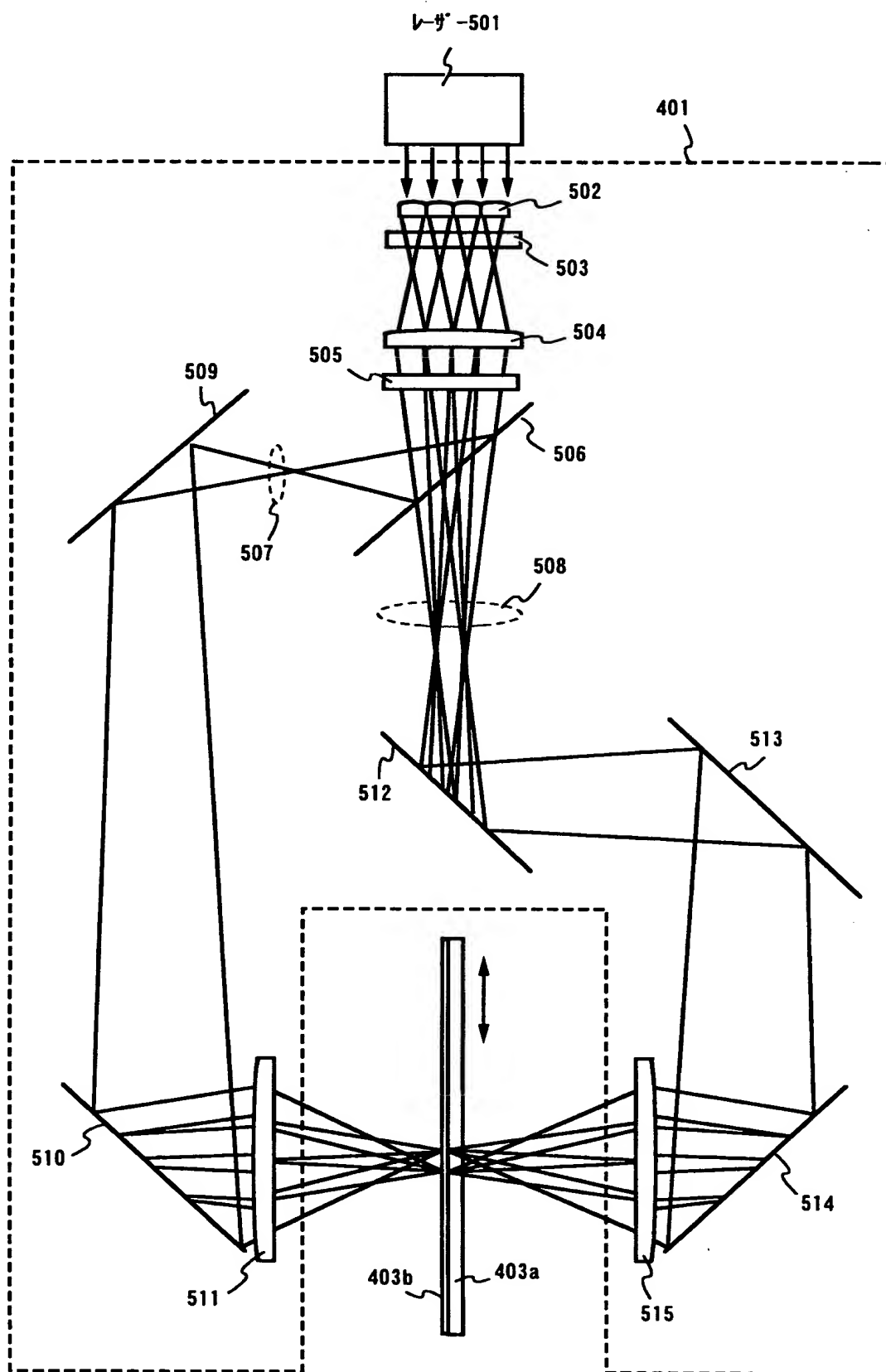
【図 3】



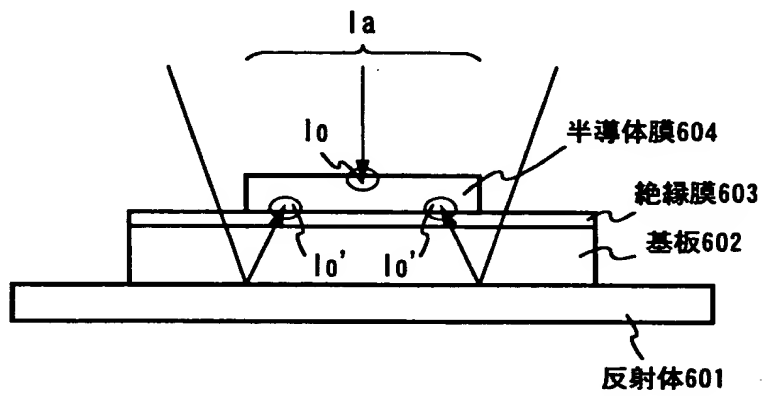
【図 4】



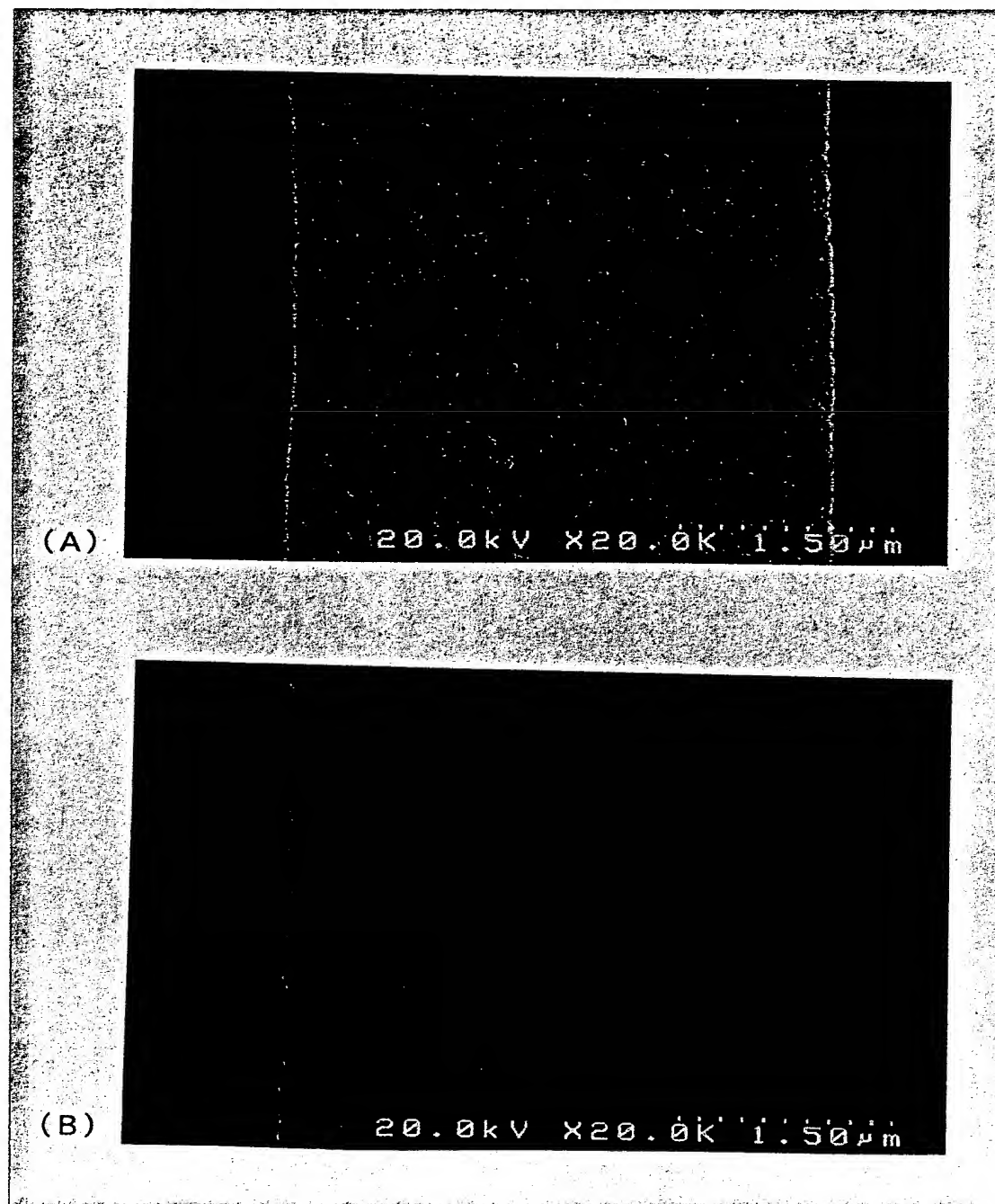
【図 5】



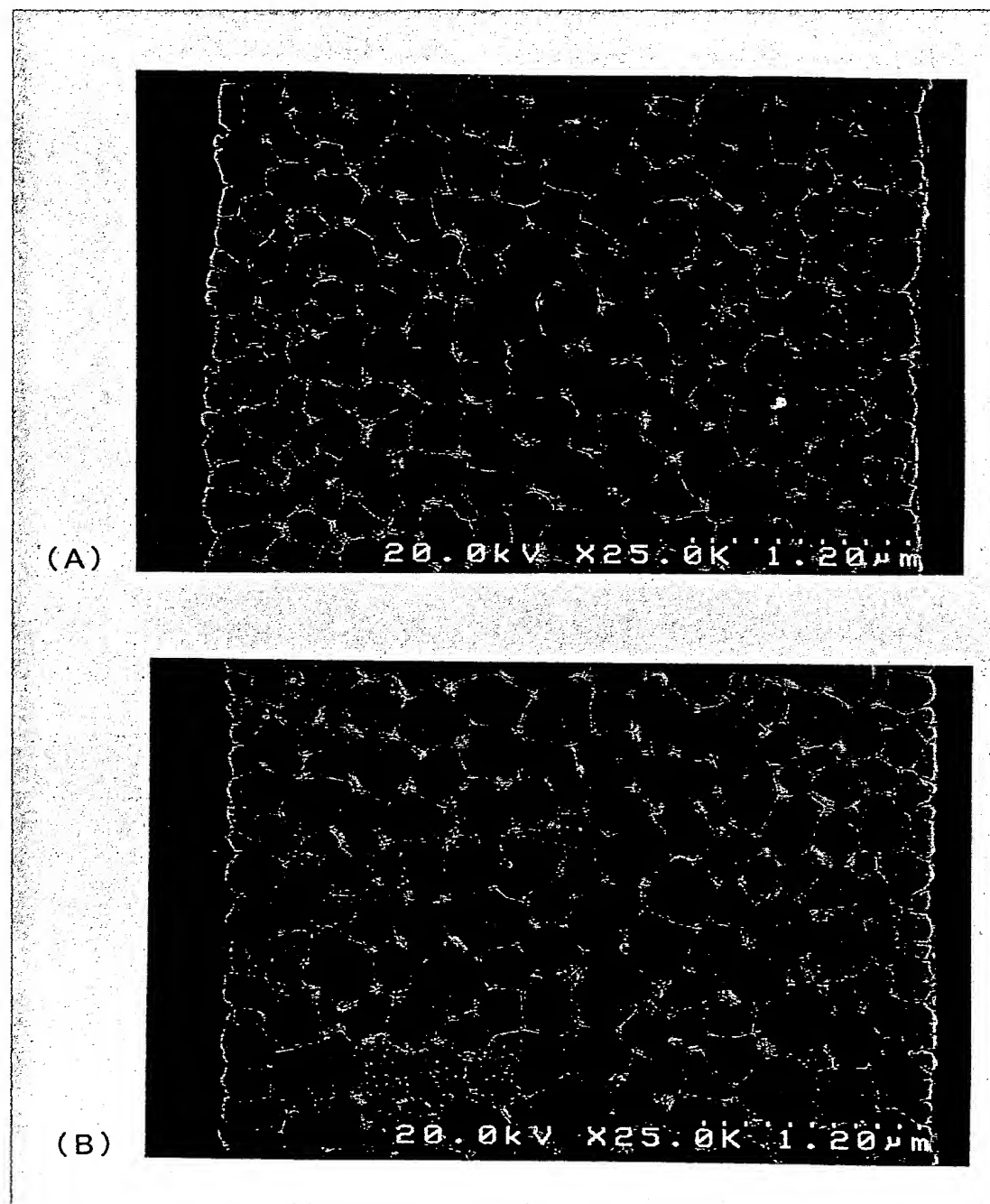
【図6】



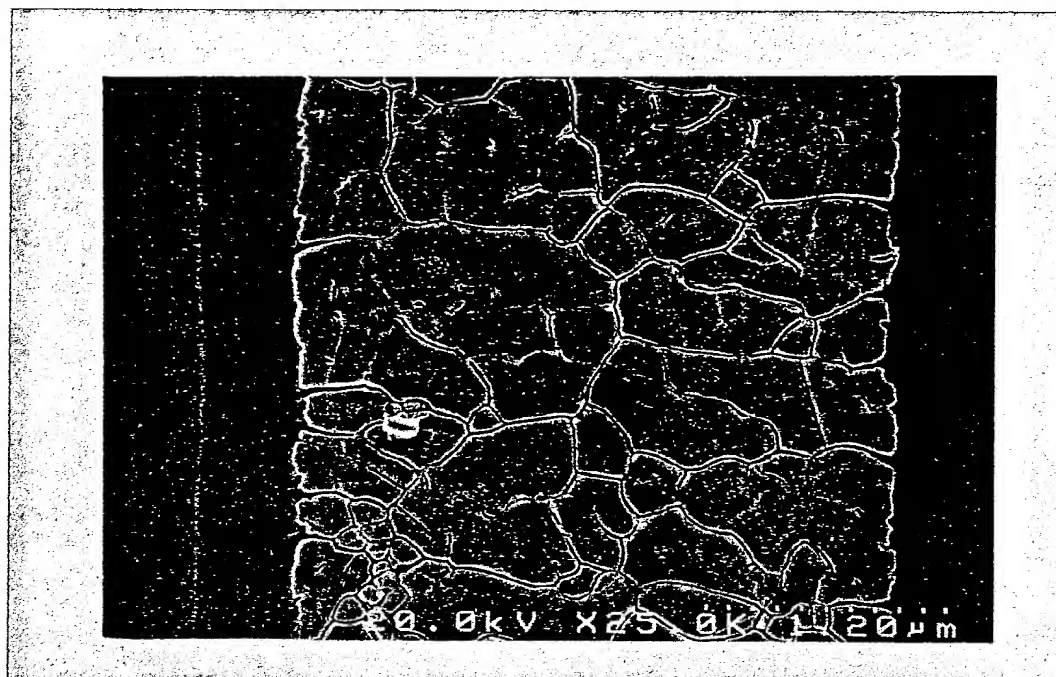
【図 7】



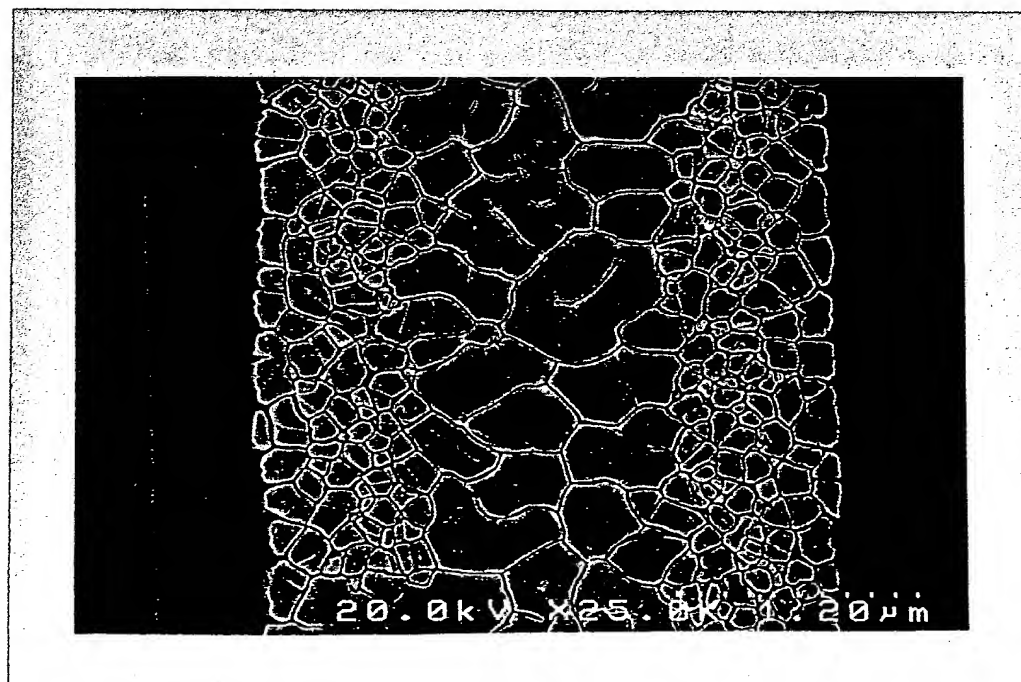
【図8】



【図9】

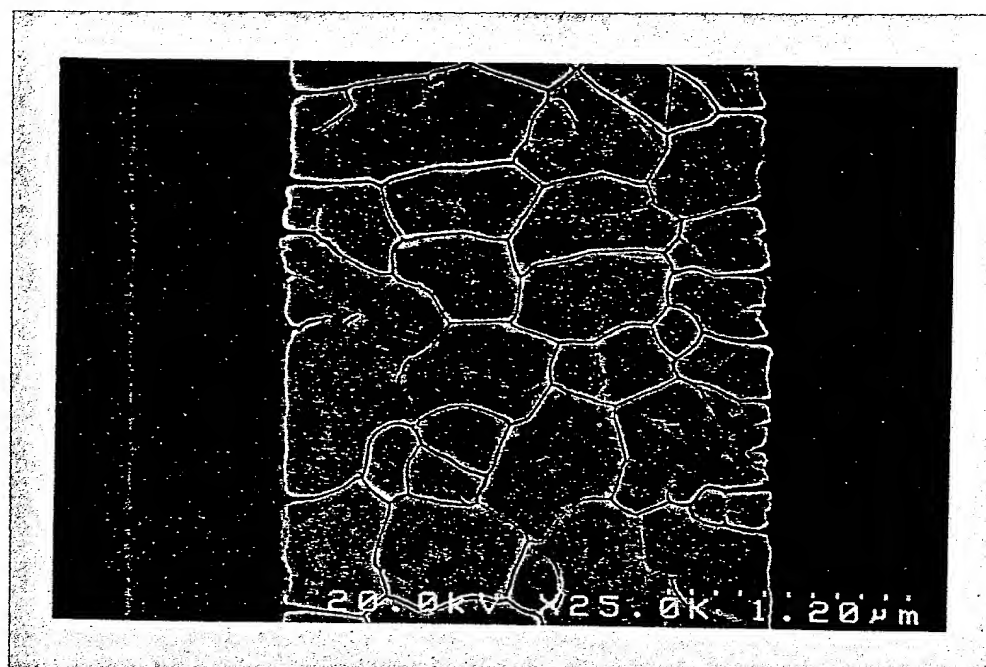


【図10】

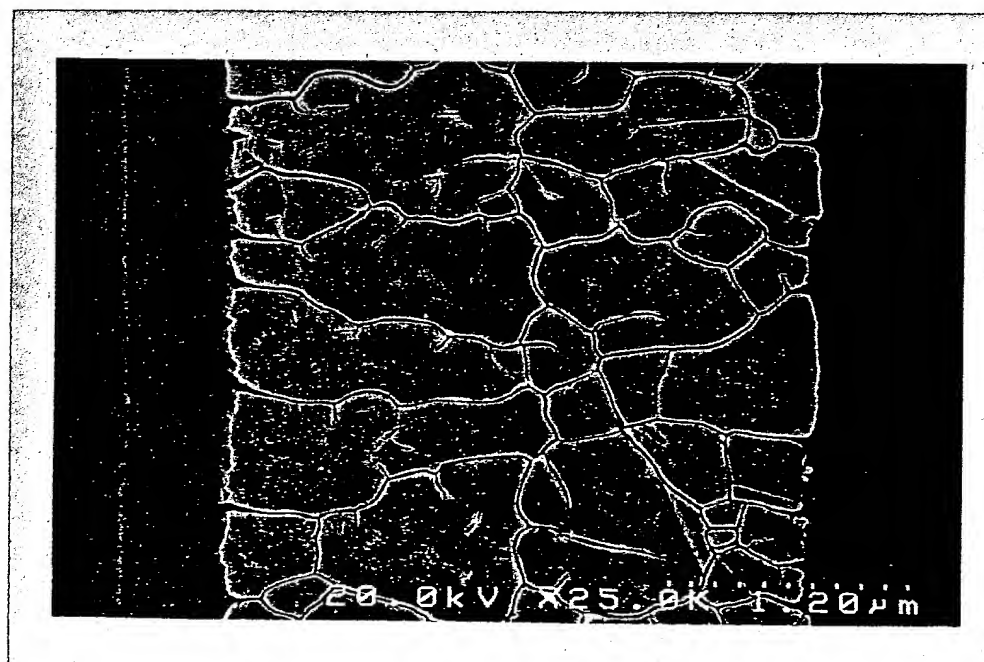




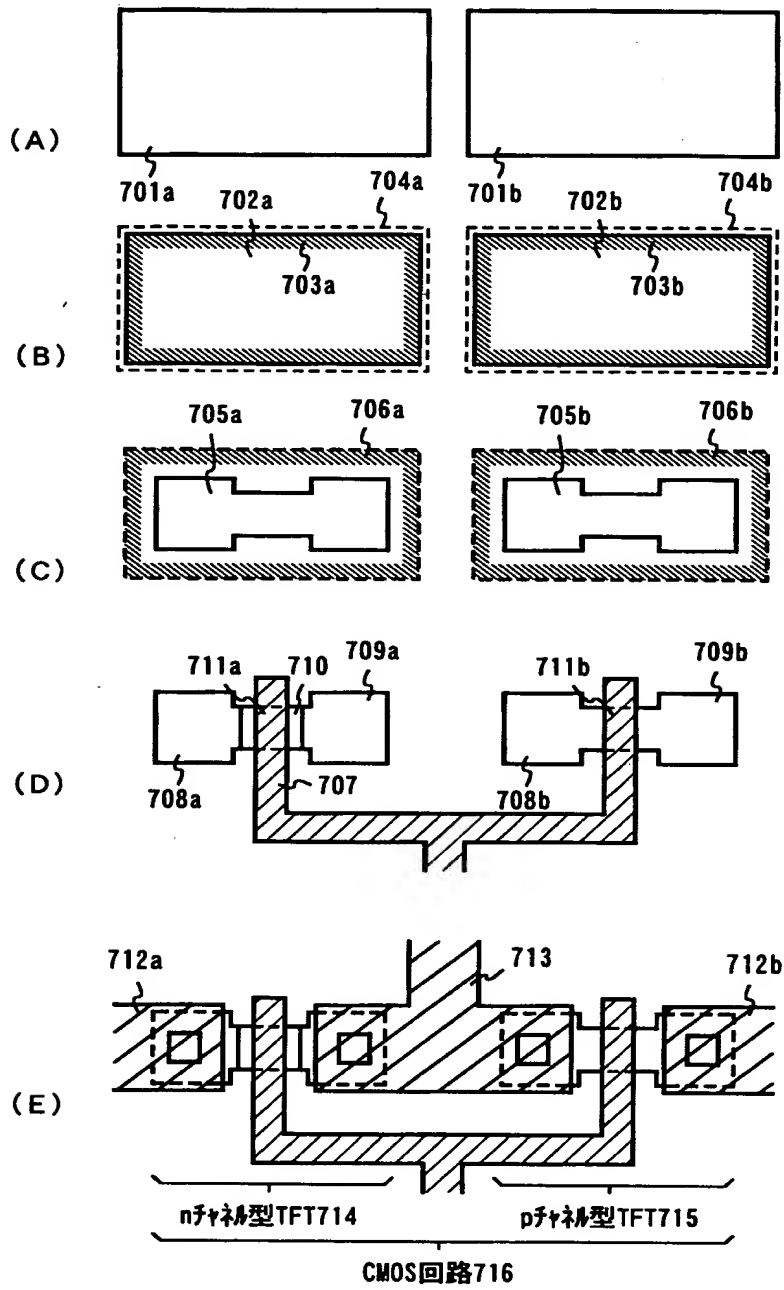
【図 1 1】



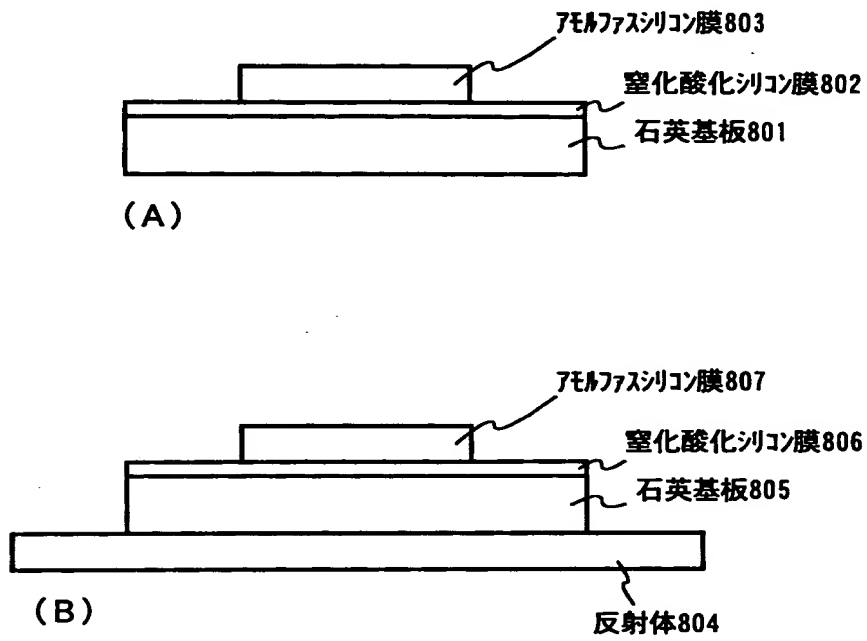
【図 1 2】



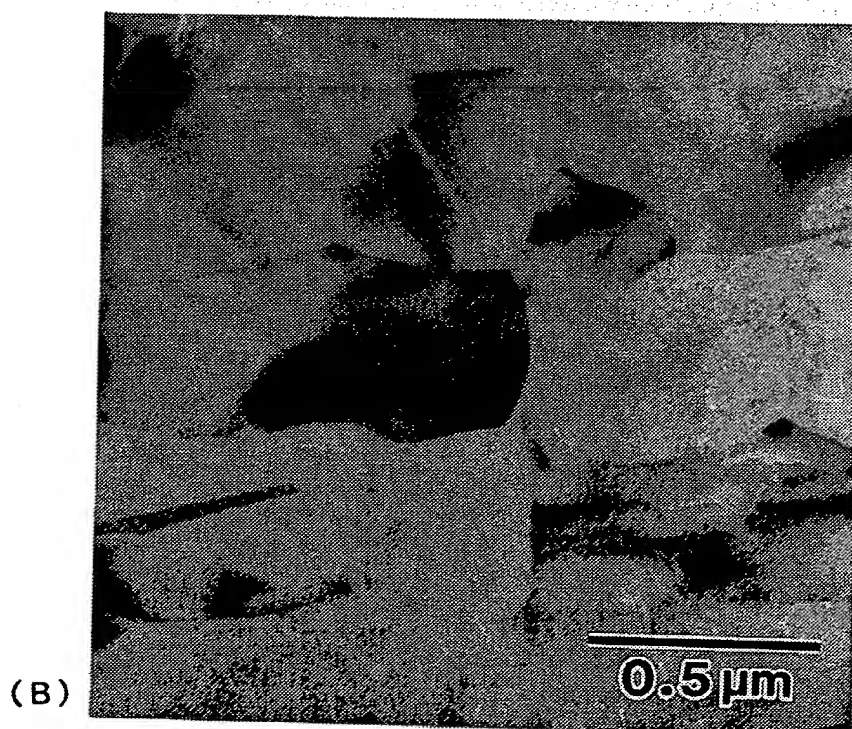
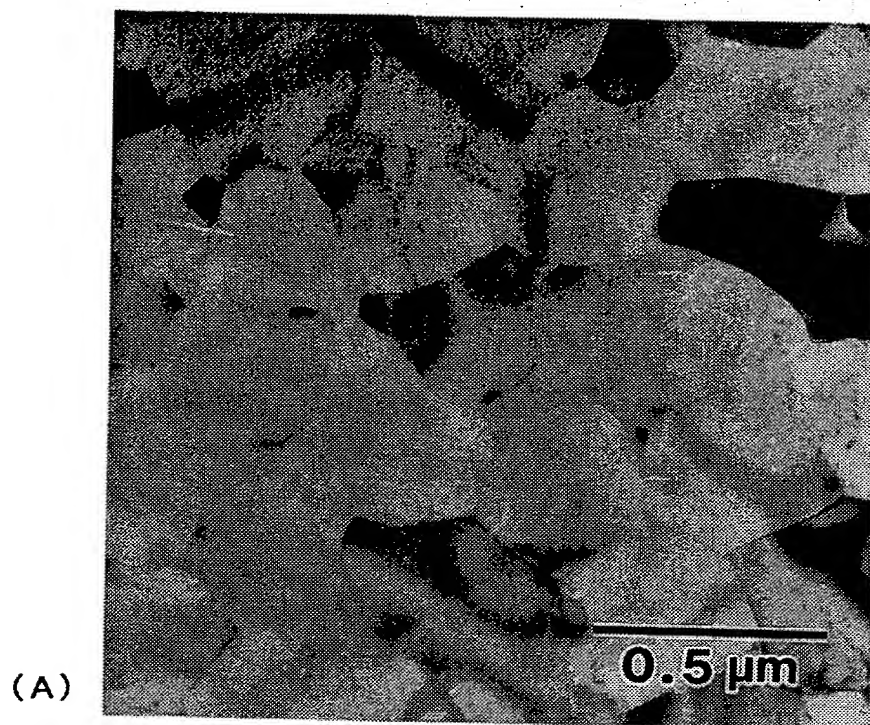
【図 1 3】



【図 1 4】



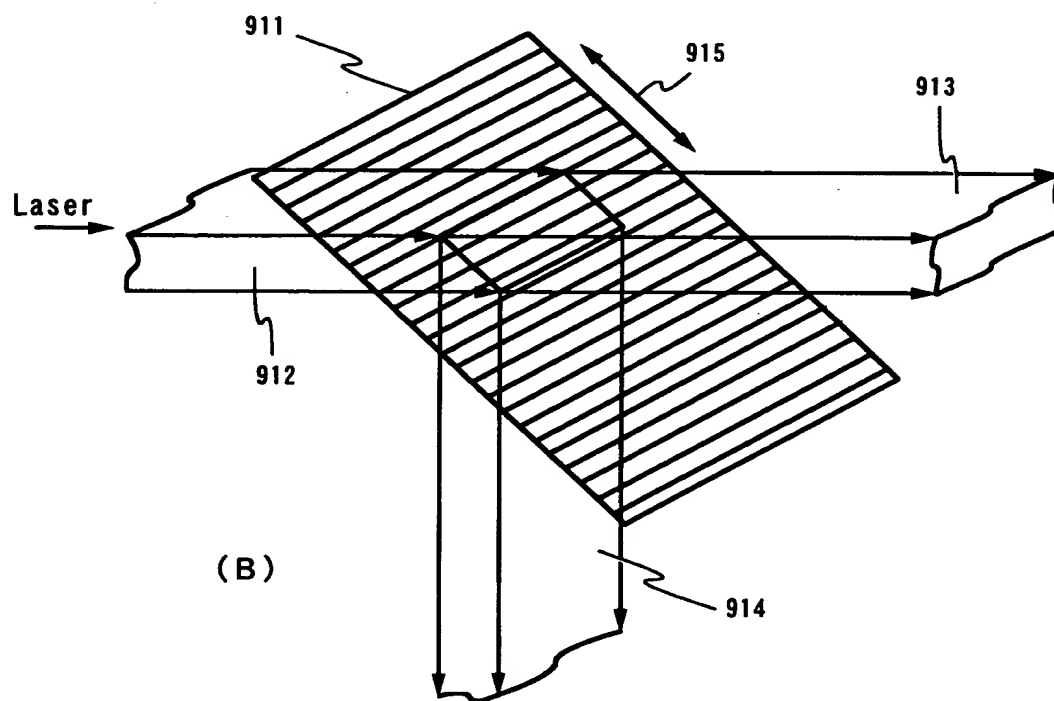
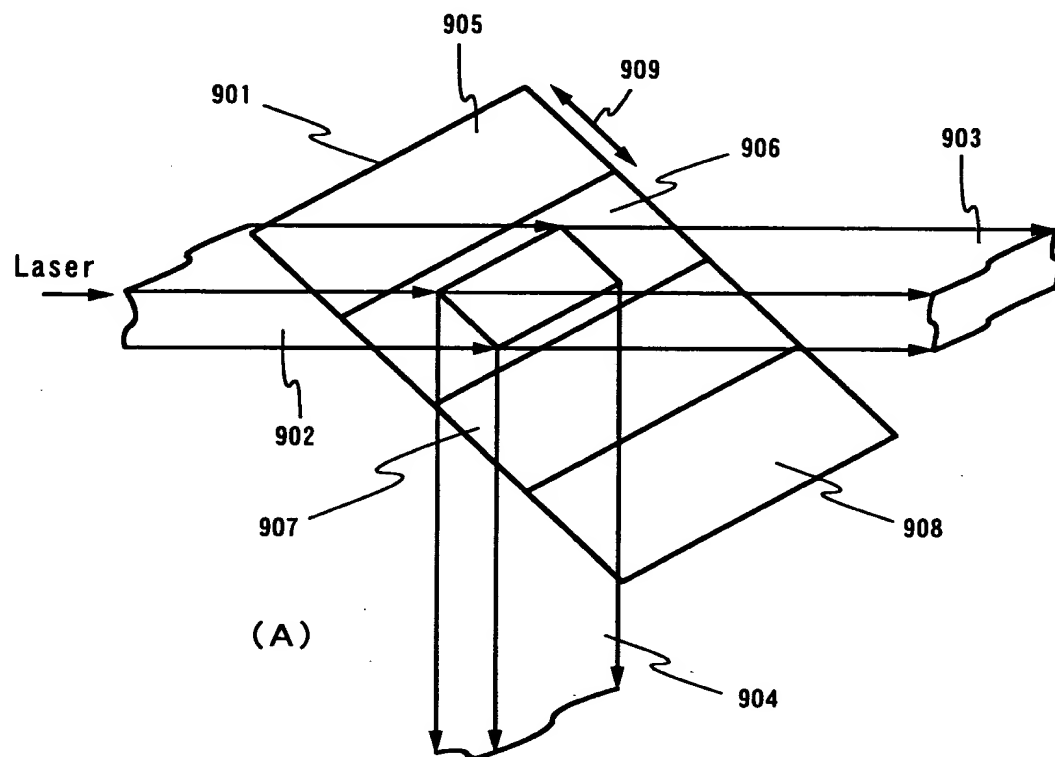
【図 15】



特平 1 1 - 2 4 4 2 0 4



【図 17】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 結晶粒径の大きい結晶質半導体膜を得るためのレーザーアニール方法を提供する。

【解決手段】 レーザー光を照射することで非晶質半導体膜を結晶化する際に、レーザー光を非晶質半導体膜の表面及び裏面に照射する。また、そのとき表面に照射されるレーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0$ ) と裏面に照射されるレーザー光の実効エネルギー強度 ( $I_0'$ ) との比 ( $I_0'/I_0$ ) に、 $0 < I_0'/I_0 < 1$  または  $1 < I_0'/I_0$  の関係が成り立つことを特徴とする。

【選択図】 なし



出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[000153878]

1. 変更年月日 1990年 8月17日  
[変更理由] 新規登録  
住 所 神奈川県厚木市長谷398番地  
氏 名 株式会社半導体エネルギー研究所